

北海道南西沖地震により被災した矢板式岸壁に対する再現解析

国土交通省四国地方整備局 正会員 高橋 吉弘、正会員 六車 晋助
 港湾空港技術研究所 正会員 菅野 高弘
 京都大学防災研究所 正会員 井合 進
 広島大学大学院 正会員 一井 康二
 (財)沿岸技術研究センター 正会員 池内 章雄、正会員 川崎 栄久
 (株)ニュージェック 正会員 平井 俊之、村上 巧一、正会員 ○楠 謙吾

1. はじめに： 本検討では、1993 北海道南西沖地震により被災した矢板式岸壁(函館港弁天地区第 6 岸壁)を対象に、研究会により提案された築造時の施工状態を多段階で表現する方法を用いた再現解析を FLIP¹⁾により実施し、解析物性値の設定方法及び解析手法の妥当性について検証を行った。

2. 被災状況： 被災状況は、岸壁中央部の被害が大きく岸壁法線が最大で 5.21m せり出し、天端が 1.46m 沈下した。調査によると、矢板に破損などの損傷は確認されなかった。また、エプロンでは岸壁背後 5m のところに法線に平行な亀裂が発生していた。エプロン全体に渡って陥没、沈下、亀裂、噴砂があった²⁾。

3. 地盤条件： 原地盤は標高-40m までが沖積層となっており、砂礫、砂質土及び粘性土の互層となっている。標高-10m から地表までは、砂・シルトからなる埋め立て地盤である。埋め立は、N 値 10 以下の緩い地盤である。採取された噴砂の粒度は、均等係数 5 程度、 $D_{50}=0.14\text{mm}$ 、シルト分 16%、粘土分 6.8% (F_c =約 20.0 %)であった。

4. 入力波形： 解析に用いた入力波形は港湾地域強震観測システム(観測地点:函館-FB, G. L. -200m)で観測された地震波形を等価線形化法によって工学的基盤面に引き上げ、さらに NS、EW 方向波形を法線直角方向に変換した。図-4 に入力波形と加速度応答スペクトルを示す。

5. 解析条件： 図-5 に有限要素分割図、および岸壁付近の拘束条件を示す。解析領域下端は、No. 14 で N 値=50 となる D. L. -65.2m を工学的基盤層と選定し、底面粘性境界を設けた。水平方向の境界では、法線から 100m となる位置に側方粘性境界を設定した。土の力学特性は港湾技研資料³⁾に則り、N 値、および細粒分含有率より設定した。矢板および控え矢板は、非線形はり要素、タイロッドは非線形ばね要素とした。矢板および控え矢板の前面はジョイント要素とした。背面側は、矢板と地盤の水平変位自由度を拘束(MPC 拘束)した。検討施設は、埋め立てによって構築した控え矢板式岸壁であり、その施工過程を考慮して初期応力状態を評価した⁴⁾。

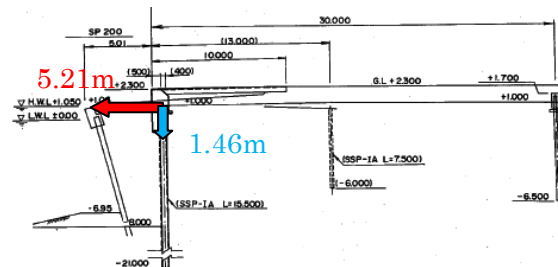


図-1 被災断面図

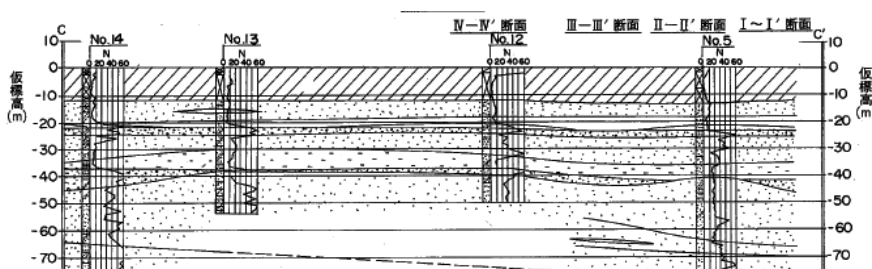


図-3 土質断面図

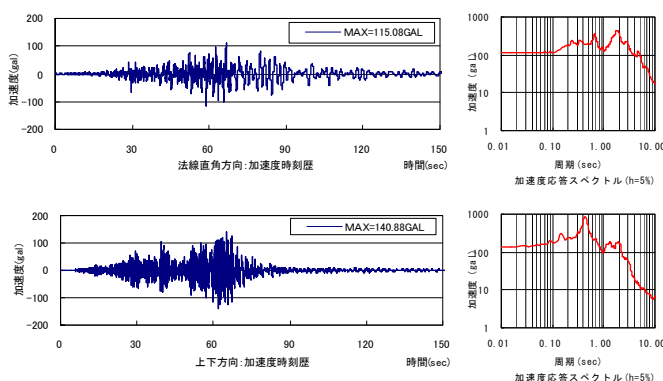


図-4 入力地震動

キーワード 有効応力解析, 震害, 矢板式岸壁, 再現解析

連絡先 〒531-0074 大阪市北区本庄東 2-3-20 株式会社ニュージェック 港湾・海岸グループ TEL06-6374-4592

6. 結果と考察

図-6 に示す残留変形状況は矢板天端がはらみ出す変形モードとなっており、図-1 に示す被災断面と変形モードが整合している。また、被災時の岸壁天端の水平変位量は 5.21m であり、解析結果 5.27m とほぼ一致している。しかし、実際の被災では 1.46m の鉛直沈下量であったのに対し、解析結果は 0.53m となり実現象の 3 分の 1 程度の沈下となった。これは、本検討で用いた FLIP は非排水条件であり、過剰間隙水圧消散に伴う沈下を考慮していないため、実現象と比べ沈下量が小さくなったと考えられる。また、解析ではエプロン直下が全体的に液状化しており、実際にみられた噴砂の現象と整合している。図-7 に矢板のある時刻におけるモーメント分布のスナップショット、および残留時のモーメント分布を示す。これをみると、解析では矢板は地震中に海中、および地中部で降伏モーメントに至る応力が発生していることがわかる。しかし、残留時では降伏モーメント以下となっている。これは、被災後の矢板の目視調査で損傷がみられなかったという事実と整合していると考えられる。

7. おわりに

有効応力解析により、被災した矢板式岸壁の再現解析を行った。その結果、残留水平変位量や変形モード等は被災後の調査結果とほぼ一致した。また、矢板の残留応力状態についても、被災後の目視調査と整合した。これにより、本矢板式岸壁については、液状化を伴う動的応答をほぼ再現できたと考えられる。今後、他の被災事例についても再現解析を行い、解析手法及びモデル化の妥当性を評価していく必要があると考えられる。

参考文献

- 1) Iai, S., Matsunaga, Y. and Kameoka, T.: Strain space plasticity model for cyclic mobility, Report of the Port and Harbour Research Institute, Vol.29, No.4, 1990
- 2) 稲富隆昌 他: 1993年北海道南西沖地震による港湾施設被害報告, 港湾技研資料, No.791.
- 3) 森田年一 他: 液状化による構造物被害予測プログラム FLIP において必要な各種パラメータの簡易設定法, 港湾技研資料 No.869.
- 4) FLIP 研究会矢板式護岸WG: 矢板式護岸のモデル化に関する検討報告書, 第1期 FLIP 研究会報告書.

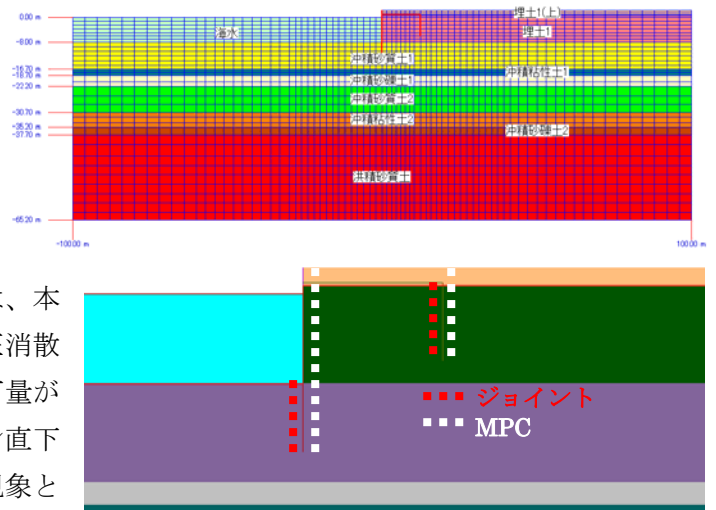


図-5 解析モデル

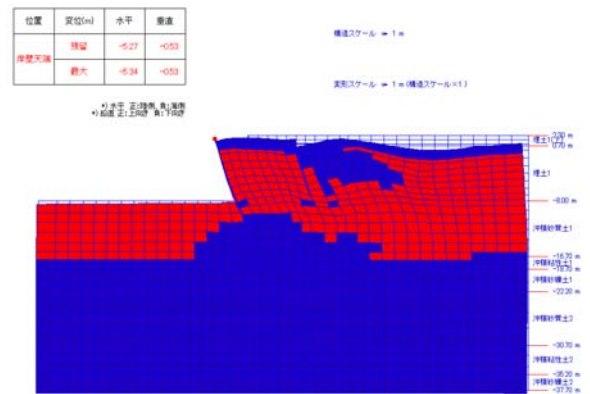


図-6 残留変形および過剰間隙水圧比 (水圧比 0.95 以上のものを赤く表示)

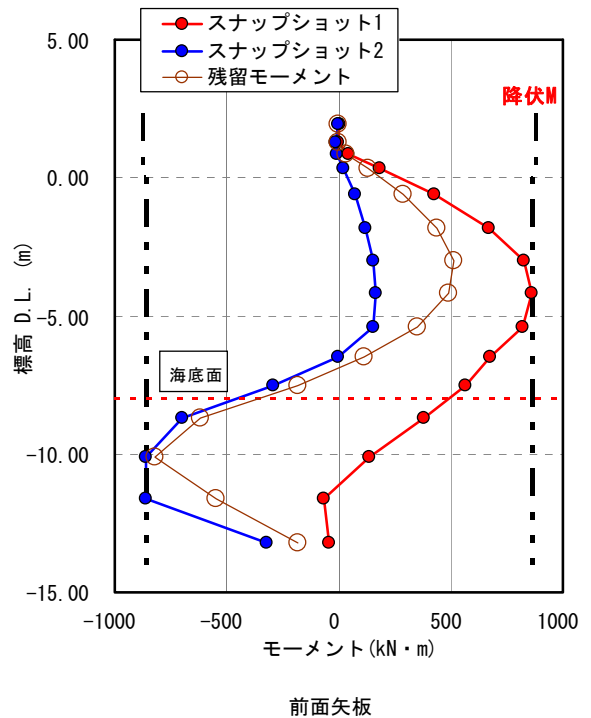


図-7 矢板のモーメント分布